

## Slit adhesive films achieve better adhesion and reduce composite weight

Swetlana Hildt, Marcel Zimmermann - PONTACOL



The main reason of using composite structures like honeycombs is to reduce weight, while the mechanical properties remain the same.

To gain more weight loss and attain higher peel strengths compared to today's standards, there is another special production method for adhesive films.

Those adhesive films can be used within all common materials with honeycomb structure, like metallic (titanium, stainless steel) and non-metallic (Nomex®, paper, fiberglass). In addition, studies have shown that the peel strength is not reduced in alternating climate tests but actually even increases in some cases. Therefore, the aluminium honeycomb

panels produced in this way are suitable for outdoor use.

The main requirement in manufacturing of honeycomb structures is the efficient application of the adhesive. However, as the contact area between honeycomb core and skin is small, close attention needs to be paid to the transfer of forces within this contact area. According to the current state, the so-called embedding is a common used technique of applying the adhesive film to the skin of the honeycomb.

Figure 1 shows an example of a honeycomb panel manufactured by embedding. Here, the adhesive film is applied overall surface area of the honeycomb skin. With this technique,

more than 90 % of the adhesive is not bonded to the core of the honeycomb.

The adhesive inside each honeycomb cell has no benefit, on the contrary, it increases the adhesive costs, and unnecessarily raises the flammable mass.

In most cases the bond strength is impaired too, if the force is transmitted unproductively or wrong.

This is always problematic for aluminium honeycomb sheets, which are expected to offer high standards of fire resistance, bond strength, durability, weather resistance and impact strength. Such expectations can only be met, if the honeycomb edges are properly embedded in the adhesive and the adhesive

## Film adesivi con fessura per un potere adesivo superiore e riduzione del peso del composito

Swetlana Hildt, Marcel Zimmermann - PONTACOL



*Il motivo principale per il quale vengono utilizzate le strutture in composito come quelle a nido d'ape è la riduzione del peso, conservando le proprietà meccaniche. Per incrementare il valore del risparmio di peso e ottenere una superiore resistenza alla pelatura rispetto agli standard odierni, esiste un'altra tecnica di produzione speciale per i film adesivi.*

*Quei film adesivi possono essere utilizzati per tutti i materiali comuni con struttura a nido d'ape come i materiali metallici (titanio, acciaio inossidabile) e non metallici (Nomex®,*

*carta, vetroresina). Inoltre, gli studi hanno dimostrato che la resistenza alla pelatura non si riduce nei test climatici alternati, ma che, al contrario, può addirittura aumentare. Di conseguenza, i pannelli a nido d'ape in alluminio prodotti in questo modo, sono adatti all'uso in ambiente esterno.*

*Il requisito principale nel processo produttivo delle strutture a nido d'ape è l'applicazione efficace dell'adesivo. Tuttavia, poiché l'area di contatto fra l'anima a nido d'ape e lo skin è molto ridotta, si richiede molta attenzione al trasferimento delle forze all'interno di questa*

*area di contatto.*

*In base allo stato attuale, la cosiddetta incorporazione è una tecnica d'uso diffusa nell'applicazione del film adesivo sullo skin della struttura a nido d'ape. In Figura 1 è dato un esempio di pannello a nido d'ape realizzato per incorporazione. In questo caso, il film adesivo viene applicato su tutta l'area superficiale dello skin a nido d'ape. Con questa tecnica, più del 90% degli adesivi non è legato all'anima della struttura a nido d'ape.*

*L'adesivo all'interno di ogni cella a nido d'ape non arreca benefici, al contrario, incrementa*



itself is ductile.

A new system has been developed, that meets the requirements of an effective and efficient manufacturing of honeycomb structures in which the adhesive is concentrated around the cell edges. Figure 2 shows a surface of a honeycomb core, layered with adhesive on the edges.

Using this method, the adhesive is concentrated at the interface of honeycomb core and skin, affecting a 3 to 5 fold increase in strength. Therefore the adhesive needs to have the proper rheology in the molten state, i.e. adhesion to the substrate needs to be perfectly coordinated with the mechanical performance of the adhesive.

#### APPLYING THIS SIMPLE METHOD

The method utilises a particular prepared

Fig. 1 Honeycomb sandwich structure manufactured by embedding the adhesive film between honeycomb core and skin

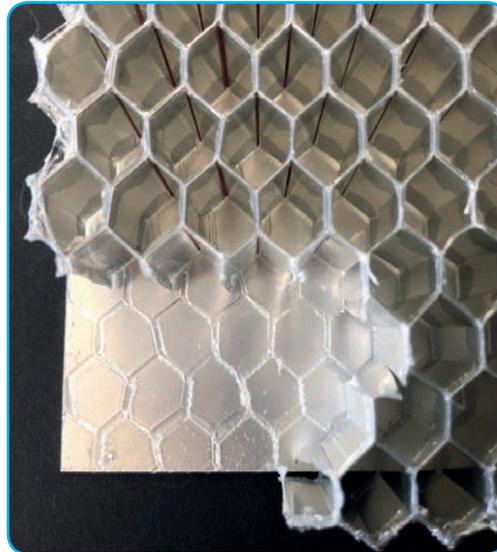


Fig. 1 Struttura sandwich a nido d'ape realizzata incorporando il film adesivo fra l'anima a nido d'ape e lo skin

film that contains small slit-like perforations, which open upon being heated above the melting temperature to yield an adhesive network (Fig. 3).

The challenge is to control the formation of the network so that it is in agreement with the honeycomb structure.

To achieve such kind of network the film:

1. has to contain slit-like perforation,
2. has to be fixed on the honeycomb core while opening, and
3. may not come into contact with the skin until the network is formed.

The «secret» of this bonding method lies in the fact that the adhesive automatically moves to the edges, if sufficient heat is transferred to it. However, the process needs to be developed to meet the right conditions. Therefore time-consuming process optimisation is needed before industrial use; the results make it



*i costi dell'adesivo e la massa infiammabile. Nella maggior parte dei casi, la tenacità del legame non è la medesima, se la forza viene trasmessa in modo non produttivo o errato. Tutto questo pone dei problemi ai laminati di alluminio a nido d'ape, i quali devono offrire alti standard di resistenza alla fiamma, tenacità del legame, durabilità, resistenza agli agenti atmosferici e resistenza all'urto. Queste aspettative possono essere attese se i contorni della struttura a nido d'ape vengono debitamente incorporati nell'adesivo e l'adesivo stesso è duttile.*

*E' stato messo a punto un nuovo sistema, che soddisfa i requisiti di un processo produttivo efficace ed efficiente delle strutture a nido d'ape in cui l'adesivo è concentrato attorno ai contorni delle celle. In Figura 2 è presentata la superficie di un'anima a nido d'ape, stratificata con l'adesivo sui contorni.*

*Adottando questo metodo, l'adesivo si concentra nell'interfaccia dell'anima a nido d'ape e lo skin, facendo aumentare da 3 a 5 volte la tenacità. Di conseguenza,*

*l'adesivo deve avere la reologia adeguata allo stato fuso, vale a dire che l'adesione al substrato deve essere perfettamente coordinata con la prestazione meccanica dell'adesivo.*

#### APPLICARE QUESTA TECNICA SEMPLICE

*La tecnica utilizza un film particolare che contiene piccole perforazioni come fessure, che si aprono quando sono sottoposte a fonti di*

*calore al di sopra della temperatura di fusione, per dare un reticolo adesivo (Fig. 3). La sfida è controllare la formazione del reticolo in modo che sia in linea con la struttura a nido d'ape.*

*Per ottenere questa tipologia di reticolo il film:*

- *deve contenere perforazioni come fessure*
- *deve essere fissato all'anima a nido d'ape mentre si apre, e*
- *potrebbe non entrare in contatto con lo skin*

*finché non si sia formato il reticolo*

*Il "segreto" di questa tecnica di legame sta nel fatto che l'adesivo si muove automaticamente verso i contorni se viene trasmessa una quantità sufficiente di calore. Tuttavia, il processo deve essere sviluppato in modo da soddisfare le condizioni idonee. Quindi, l'ottimizzazione laboriosa del processo è indispensabile prima di un uso industriale; i risultati lo rendono molto valido.*

*La tenacità del legame ottenuta applicando l'adesivo con questo metodo, rispetto ad altre tecniche, dimostra che è estremamente efficace per le proprietà dei pannelli a nido d'ape.*

Fig. 2 Cells of a hexagonal honeycomb layered with adhesive film

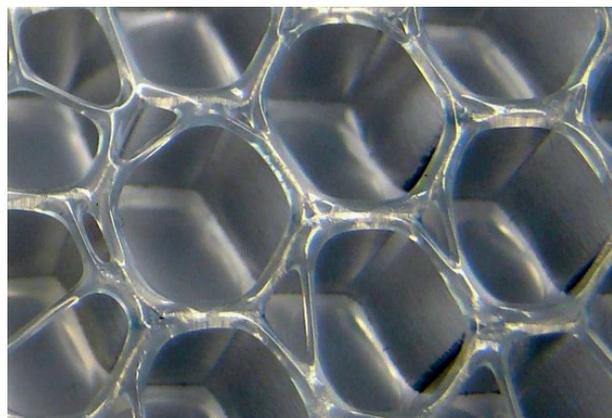


Fig. 2 Celle di una struttura a nido d'ape esagonali stratificate con film adesivo



worthwhile.

The bond strengths obtained with applying the adhesive by this method, compared with those of other methods, shows that it is extremely effective to the properties of honeycomb panels. In addition to a higher peel strength achieved, the flexural strength and creep resistance at elevated temperatures meets customer's demands.

The resulting strength is high, even on untreated or partially contaminated substrate surface.

### ATTAINABLE STRENGTHS

The peeling tests were performed on six different film adhesives at a specific weight of about 100 g/m<sup>2</sup>. These are all olefinic films modified with MAH (maleic anhydride).

The melting ranges vary with the degree of copolymerisation and the chemical nature of the basic chain, and lie between 80°C and 160°C. All six adhesive films show excellent adhesion

Fig. 3 Opening, caused by thermal treatment (precoating) of slit films, leading in open structure of the film

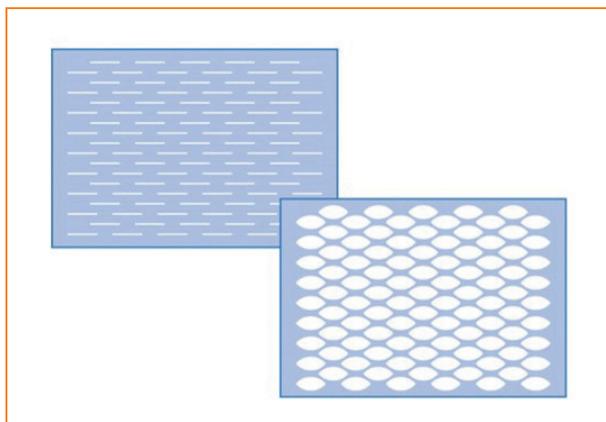


Fig. 3 Apertura causata dal trattamento termico (pre-rivestimento) dei film con fessura, da cui si ottiene la struttura aperta del film

to untreated metal, but differ in their rheology in the molten state and in their potential for plastic deformation in the solid state – these are parameters, which substantially affect the bond strength.

The comparison of peeling strength between non-precoated and precoated honeycomb

cores is shown in Figure 4.

In Figure 5 the effect of precoating is depicted. As mentioned before, the adhesive is located to the interface between honeycomb core and skin. This leads to a much higher peel strength, while the grammage of the film is the same.

By the maximum of the curve shown in Figure 4, an optimum process temperature for a given process can be determined.

In addition, Figure 6 shows how to determine the optimal process time when, for example, the process temperature is 125°C. However, once the optimum process time for a given process temperature has been determined, the maximum bond strength is reached.

### WEATHERABILITY

Panels used in building constructions have to be resistant to weather and UV light.

To examine whether the panels produced by



Oltre alla superiore resistenza alla pelatura, la resistenza flessurale e allo scorrimento viscoso a temperature elevate soddisfano la domanda della clientela. La tenacità che ne deriva è elevata, anche su superficie del substrato non trattato o parzialmente contaminato.

un'eccellente adesione su metalli non trattati, ma differiscono per la loro reologia allo stato fuso nel loro potenziale di deformazione plastica

allo stato solido; questi sono i parametri, che sostanzialmente influiscono sulla tenacità del legame. L'analisi comparata della resistenza

alla pelatura fra anime a nido d'ape non pre-rivestite e pre-rivestite è presentata in Figura 4. In Figura 5 è presentato l'effetto esercitato dal pre-rivestimento. Come accennato sopra, l'adesivo è posizionato nell'interfaccia fra l'anima a nido d'ape e lo skin. Ciò determina una resistenza superiore mantenendo invariato il peso.

Entro i valori massimi della curva presentata in Figura 4, è possibile determinare una temperatura di processo ottimale per un processo dato.

Inoltre, Figura 6 presenta come determinare tempi di processo

### TENACITÀ OTTENIBILE

I test della resistenza alla pelatura sono stati eseguiti su sei film adesivi differenti con peso specifico pari a circa 100 g/m<sup>2</sup>. Si tratta di film olefinici modificati con MAH (anidride maleica). I range di fusione variano in base alla copolimerizzazione e alla natura chimica della catena di base e si attestano fra gli 80°C e i 160°C. Tutti e sei film adesivi presentano

Fig. 4 Influence of bondline temperature and precoating on peel strength, after 5 min of contact time

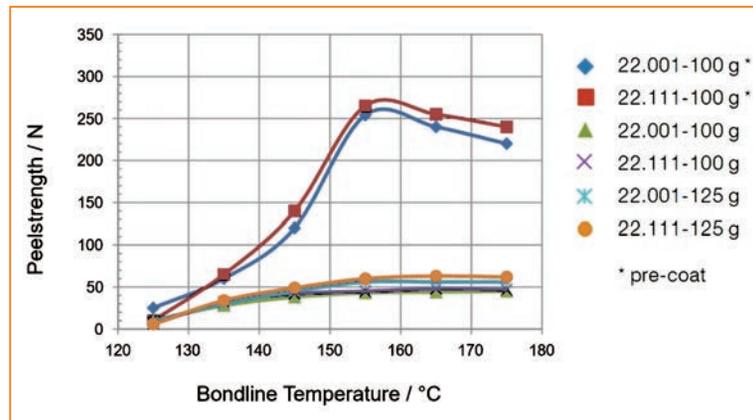


Fig. 4 Influsso esercitato dalla temperatura della linea di incollaggio e dal pre-rivestimento sulla resistenza alla pelatura dopo una durata del contatto di cinque minuti



the new method are equal to the ever-increasing climatic stress, alternating climate tests in a humid climate followed by very low temperatures were performed. This accelerated aging was carried out for three months.

Moreover, the honeycomb panels were continuously exposed to a salt spray environment for one month.

Although the untreated aluminium surface was attacked, there was no infiltration of the adhesive layer and therefore no delamination occurred.

Nor did these harsh conditions impair the excellent strength of the bond between the skin and the honeycomb core.

### CREEP STRENGTH

Besides the weatherability of the honeycomb panels, they may be exposed extremely high local stresses.

Fig. 5 Honeycomb sandwich after bonding the core and skin by a slit adhesive film. Left: without pre-coating technique. Right: with pre-coating technique

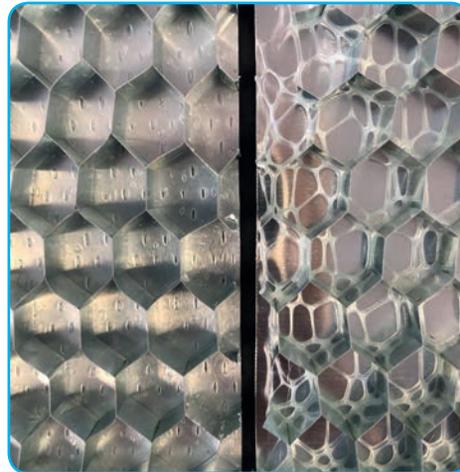


Fig. 5 Struttura sandwich a nido d'ape dopo aver legato l'anima allo skin mediante film adesivo con apertura. A sinistra: senza tecnica di pre-rivestimento. A destra: con tecnica di pre-rivestimento

For example, temperature rises during summer while adhesion should be guaranteed.

For this, investigations considering heat resistance of honeycomb panels have been carried out.

It was shown the resulting heat resistance is high enough for outdoor applications. Depending on customers requirements, a tailor-made film for the specific application can be offered.

### CONCLUSION

The method presented here, which utilises a film adhesive with slit-like perforations, affords a way of making honeycomb panels that is economical on adhesive and does not sacrifice performance.

Under certain conditions, this new method can yield 3 to 5 times the strength of a conventional panel, with half the amount of adhesive.



ottimali quando, ad esempio, la temperatura di processo è pari a 125°C. Tuttavia, una volta determinata la durata di processo ottimale per una temperatura di processo data, si raggiunge la massima tenacità del legame.

### RESISTENZA ALLE INTEMPERIE

I pannelli utilizzati nella costruzione di strutture edili devono essere resistenti alle intemperie e ai raggi UV. Per comprendere se i pannelli prodotti con il nuovo metodo sono uguali in quanto a resistenza alle sollecitazioni climatiche in costante aumento, sono stati eseguiti test climatici alternati in un ambiente umido, seguiti da temperature molto basse. Questo invecchiamento accelerato è stato eseguito per tre mesi.

Inoltre, i pannelli a nido d'ape sono stati esposti sistematicamente ad ambienti salini per un mese. Sebbene la superficie di alluminio non trattata sia stata

intaccata, non si è osservata infiltrazione dello strato di adesivo e quindi non si è osservata delaminazione. Né queste condizioni severe ostacolano l'eccellente tenacità del legame fra lo skin e l'anima a nido d'ape.

### RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO VISCOSO

Oltre alla resistenza alle intemperie dei pannelli a nido d'ape, questi potrebbero essere

esposti a sollecitazioni locali estreme. Ad esempio, la temperatura aumenta durante l'estate, periodo in cui l'adesione dovrebbe essere garantita. Per questa ragione, devono essere eseguite ricerche sul tema della resistenza al calore dei pannelli a nido d'ape.

Si è dimostrato che la resistenza al calore risultante è sufficientemente alta per le applicazioni in ambiente esterno. In base ai requisiti dettati dalla clientela, è possibile offrire un film personalizzato per applicazioni specifiche.

### CONCLUSIONI

Il metodo presentato in questo articolo, che utilizza un film adesivo con perforazioni a fessura rende possibile la realizzazione di pannelli a nido d'ape su adesivi, economica e che non compromette la prestazione. A certe condizioni, questo nuovo metodo può produrre da 3 a 5 volte di più la tenacità del pannello convenzionale, con metà della quantità di adesivo.

Fig. 6 Influence of pressing time on peel strength at 125 °C

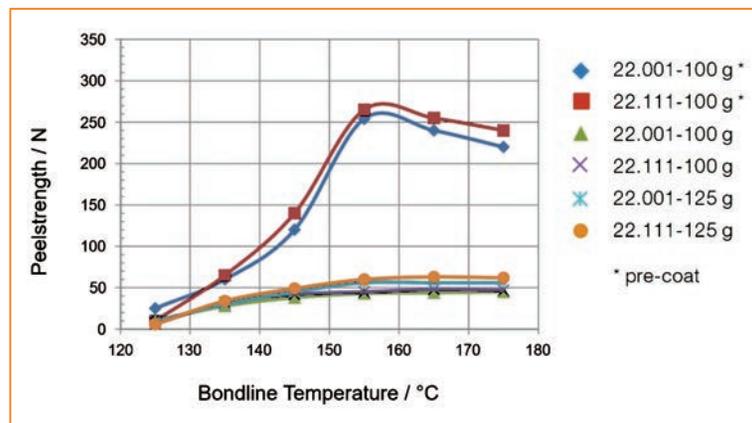


Fig. 6 Influsso dei tempi di pressatura sulla resistenza alla pelatura a 125°C